



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## **KOTLE NA BIOMASU STŘEDNÍCH VÝKONŮ** **ČESKÉ A ZAHRANIČNÍ VÝROBY**

BOILERS WITH MEDIUM CAPACITY FOR BIOMASS COMBUSTION OF CZECH AND  
FOREIGN PRODUCTION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**TOMÁŠ HABÁN**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. LUKÁŠ URBAN**

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Tomáš Habán

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Kotle na biomasu středních výkonů české a zahraniční výroby**

v anglickém jazyce:

### **Boilers with medium capacity for biomass combustion of czech and foreign production**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše, schémata

Cíle bakalářské práce:

Studium a popis technologií kotlů na biomasu tuzemských a zahraničních výrobců, přehled hlavních procesů používaných pro energetické využití biomasy v kotlích středních výkonů. Zhodnocení cílových a omezujících faktorů pro využití biomasy.

Seznam odborné literatury:

Sjaak v. L., Koppejan J., Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Twente University Press, ISBN 9036517737, (2002)

Obernberger I., Decentralized biomass combustion: state of the art and future development, Biomass and Bioenergy 14, pp. 33 – 56, (1998)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Pavlas, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

---

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt:**

Hlavním cílem této práce je zaměřit se na biomasu, jako na jednu ze složek obnovitelných zdrojů energie, určenou k výrobě tepelné energie spalováním. Úvod práce mapuje současný stav využití biomasy v České republice. Vyhodnocuje možnosti budoucího použití a velikost potenciálu biomasy v přírodních podmínkách ČR. Nahlíží na tento obnovitelný zdroj také z pohledu energetické koncepce ČR a hodnotí postoj vlády k tomuto problému.

Další část se zabývá spalováním biomasy a využitím vzniklé tepelné energie. Rozebírá problematiku znečišťujících látek a uvádí hodnoty emisních limitů plynoucích z legislativy. Ukazuje způsoby využití vzniklé tepelné energie a s tím související výrobu energie elektrické s přehledem možností jejího zhodnocení.

Srovnání kotlů na biomasu českých i zahraničních výrobců v rozmezí jmenovitých výkonů 1 až 3 MW popisuje poslední část této práce. Rozděluje kotle z pohledu legislativy a uvádí povinnosti a podmínky, které plynou pro provozovatele kotlů na biomasu. Nastiňuje největší uplatnění kotlů na biomasu středních výkonů v České republice.

## **Abstract:**

The main objective of this work is to focus on biomass as one of the components of renewable energy sources for the production of thermal energy by combustion. The introduction of work maps the current state of biomass used in the Czech Republic. It evaluates options for future uses for biomass and also the size of the potential in the natural conditions of the Czech Republic. It also views this renewable resource from the point of view of energy conception and evaluate the government position on this issue.

Next part deals with the combustion of biomass and with the use of created thermal energy. It ruminates a problem of pollutants and shows values for emission limits results from the legislation. It shows ways of using this thermal energy and the associated production of electrical energy including an overview of the possibilities of its evaluation.

The last part of this work describes a comparison between biomass boilers from Czech and foreign producers in the range of rated output 1 to 3 MW. It divides boilers in terms of legislation and shows the obligations and conditions attached to the operators of biomass boilers. It outlines the biggest application of boilers with medium capacity for biomass combustion in the Czech Republic.

## **Klíčová slova:**

Obnovitelné zdroje energie, biomasa, spalování biomasy, potenciál biomasy, vlastnosti biomasy, kotle na biomasu, srovnání kotlů, legislativa, emise, limity

## **Keywords:**

Renewable energy, biomass, biomass combustion, biomass potential, biomass characteristics, biomass boilers, boiler comparison, legislation, emissions, limits

## **Bibliografická citace**

HABÁN, T. *Kotle na biomasu středních výkonů české a zahraniční výroby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lukáš Urban.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval zcela samostatně. Vycházel jsem z pokynů vedoucího práce, svých znalostí a ze seznamu uvedených použitých zdrojů.

V Brně dne 29. května

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Lukáši Urbanovi za odborné vedení, cenné připomínky a podporu při vypracování této bakalářské práce.

# OBSAH

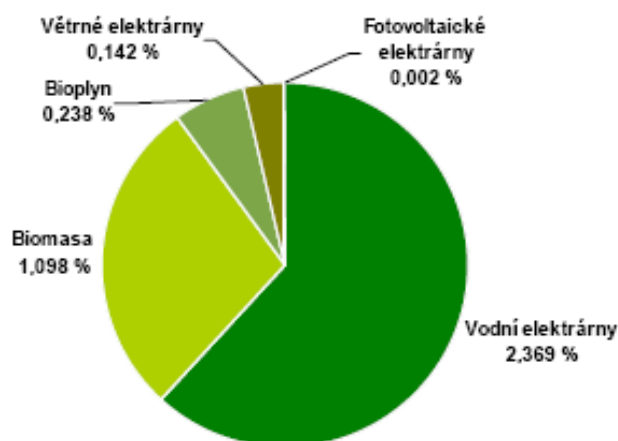
1.	ÚVOD .....	- 9 -
2.	BIOMASOVÁ PALIVA .....	- 11 -
2.1.	Definice biomasy.....	- 11 -
2.2.	Rozdělení biomasy .....	- 11 -
2.3.	Potenciál biomasy v ČR .....	- 12 -
2.4.	Biomasová politika ČR .....	- 12 -
2.5.	Dotační politika ČR.....	- 13 -
2.6.	Charakteristické vlastnosti biomasy.....	- 14 -
2.6.1	Vlhkost .....	- 14 -
2.6.2	Výhřevnost .....	- 15 -
2.6.3	Chemické složení hořlaviny .....	- 16 -
2.6.4	Teplota tavení popele .....	- 17 -
2.7.	Ceny biomasových paliv .....	- 17 -
3.	SPALOVÁNÍ BIOMASY A VYUŽITÍ UVOLNĚNÉ ENERGIE.....	- 19 -
3.1.	Spoluspalování biomasy a fosilních paliv .....	- 20 -
3.2.	Emise ze spalování biomasy .....	- 20 -
3.3.	Využití uvolněné energie .....	- 21 -
3.4.	Výkup elektrické energie .....	- 22 -
4.	ZAŘÍZENÍ NA SPALOVÁNÍ BIOMASY.....	- 23 -
4.1.	Rozdělení spalovacích zdrojů.....	- 23 -
4.2.	Technologie spalování.....	- 23 -
4.3.	Uplatnění zařízení spalujících biomasu.....	- 24 -
4.4.	Provoz kotlů na biomasu .....	- 24 -
4.5.	Srovnání kotlů .....	- 25 -
4.5.1	Kotle české výroby .....	- 25 -
4.5.2	Kotle zahraniční výroby .....	- 34 -
4.5.3	Výsledky srovnání kotlů.....	- 40 -
5.	ZÁVĚR.....	- 41 -



# 1. ÚVOD

Z celosvětového hlediska je patrná stále se zvyšující spotřeba veškerých druhů energie a jejich využití. Převážná část energie se získává z tzv. neobnovitelných zdrojů, mezi které patří fosilní paliva (uhlí, ropa, zemní plyn) a jaderná energie. Nevýhodou je, že zdroje fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a jejich zásoba se bude s postupujícím časem stále zmenšovat. Produkce škodlivých spalin, popřípadě nebezpečí jaderného odpadu, patří mezi další negativa neobnovitelných zdrojů.

Z těchto důsledků vyplynula snaha o jiný způsob produkce energie, a to z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Ne vždy a všude jsou pro OZE vhodné podmínky nebo je již nelze dále rozšiřovat. Česká republika je vzhledem ke své poloze vhodná jen pro určité druhy OZE. Využití vodní energie v ČR již nelze žádným významným způsobem dále zvyšovat, a tak je snahou zaměřit se na využití biomasy. Právě biomasa v sobě skrývá pro výrobu energie velký potenciál, a proto je velmi důležité tento přírodní zdroj využívat v co největší míře. Jelikož ČR je z velké části závislá na nákupu ropy a zemního plynu ze zahraničí a situace kolem jaderné energetiky je značně nejasná. Proto je využití vlastních zdrojů (biomasy) téměř jediným způsobem, jak se alespoň z části energeticky osamostatnit.



**Obr. 1.1** Podíl OZE na celkové hrubé výrobě elektřiny v roce 2007 v ČR [1]

Spalování biomasy patří v ČR k nejrozšířenějším způsobům výroby tepelné energie. Na českém trhu se nachází nespočetné množství výrobců kotlů menších výkonů sloužících převážně pro vytápění rodinných domků a menších objektů. V poslední době se ale zvyšuje použití především kotlů vyšších tepelných výkonů. Tyto kotle jsou již využívány jako zásobárny tepla pro velké objekty. Lze se setkat s mnoha projekty kotlen sloužících k výrobě tepelné energie zásobujících celé obce, města apod.

Biomasa jako taková není využívána pouze ke spalování, ale její použití je mnohem širší. Způsoby využití biomasy jsou ovlivněny zejména jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Nejpodstatnějším parametrem je vlhkost, která má rozhodující vliv na metodu zpracování. Spalování patří společně se zplyňováním a pyrolýzou do skupiny termochemické přeměny biomasy (suché procesy). Biochemické přeměny biomasy, tzv. mokré procesy, zahrnují alkoholové a metanové kvašení. Dalšími způsoby jsou fyzikální a chemická přeměna a získávání odpadního tepla při zpracování biopaliv. Tato práce je převážně zaměřena na přeměnu biomasy spalováním [5].

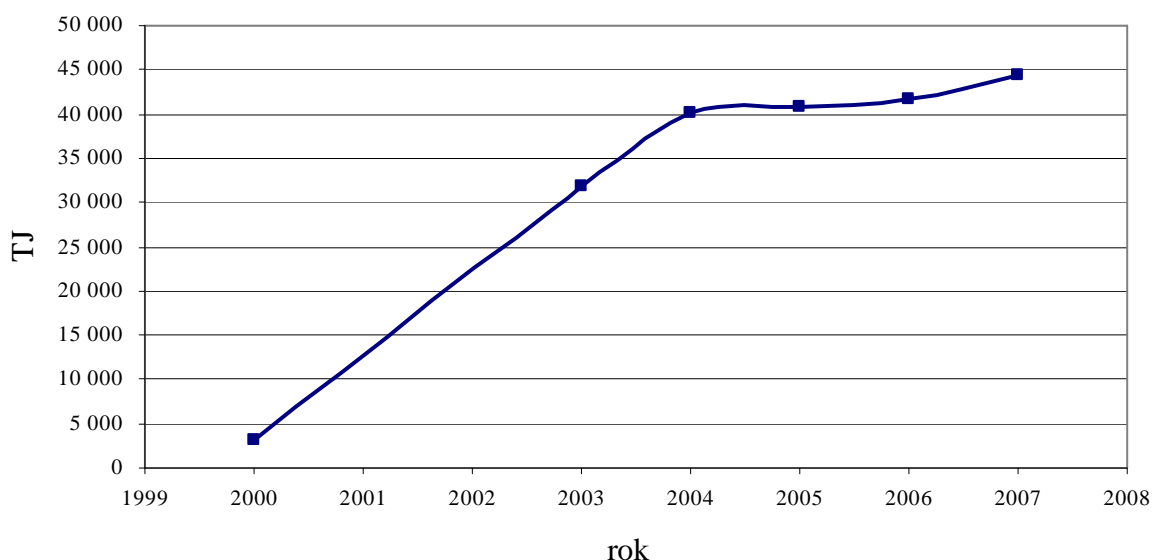
Dříve se spalování biomasy využívalo výhradně k výrobě tepelné energie. V současnosti je trendem kombinace výroby energie tepelné a elektrické, tzv. kogenerace. Kogenerace je v porovnání s oddělenou výrobou elektrické energie a tepla hospodárnější. Z toho plyne celková vyšší účinnost spalovacího zařízení. Vzniklá elektrická energie má univerzální použití a vyšší tržní cenu. Palivové zdroje lze i různým způsobem kombinovat. Příkladem může být společné spalování biopaliv a paliv fosilních.

	Energie v palivu užitým na výrobu tepla (GJ)	Energie v palivu užitým na výrobu elektřiny (GJ)	Primární energie (GJ)	Obnovitelná energie celkem (GJ)	Podíl na PEZ	Podíl na energii z OZE
Biomasa (mimo domácnosti)	20 640 839,60	7 358 427,90	–	27 999 267,50	1,47%	30,70%
Biomasa (domácnosti)	46 606 334,00	–	–	46 606 334,00	2,44%	51,10%
Vodní elektrárny	–	–	7 522 560,00	7 522 560,00	0,39%	8,25%
Biologicky rozl. část TKO	2 404 687,90	54 673,60	–	2 459 361,50	0,13%	2,70%
Biologicky rozl. část PRO a ATP	517 108,40	–	–	517 108,40	0,03%	0,57%
Bioplyn	1 499 198,60	1 689 432,70	–	3 188 631,30	0,17%	3,50%
Kapalná biopaliva	77,00	385,00	1 371 488,00	1 371 950,00	0,07%	1,50%
Tepelná čerpadla (teplo prostředí)	–	–	925 567,36	925 567,36	0,05%	1,01%
Solární termální kolektory	–	–	152 405,46	152 405,46	0,01%	0,17%
Větrné elektrárny	–	–	450 360,00	450 360,00	0,02%	0,49%
Fotovoltaické systémy	–	–	7 657,20	7 657,20	0,00%	0,01%
<b>Celkem</b>	<b>71 668 245,50</b>	<b>9 102 919,20</b>	<b>10 430 038,02</b>	<b>91 201 202,72</b>	<b>4,77%</b>	<b>100,00%</b>

**Tab. 1.1** Celková energie z obnovitelných zdrojů v ČR v roce 2007 [2]

Vývoj výroby tepelné energie v ČR, který byl sestaven z údajů získaných z Českého statistického úřadu, zobrazuje obr. 1.2 [3].

### Výroba tepelné energie z biomasy



**Obr. 1.2** Vývoj výroby tepelné energie z biomasy

## **2. BIOMASOVÁ PALIVA**

### **2.1. Definice biomasy**

Biomasa je souhrn látek biologického charakteru, tj. rostlinného a živočišného původu. Rostliny pro svůj růst využívají slunečního záření, kdy při fotosyntéze dochází k vstřebávání CO<sub>2</sub>. Množství spotřebovaného CO<sub>2</sub> fotosyntézou se rovná množství CO<sub>2</sub> vzniklého při spalování biomasy. Její spalování tedy nevede ke zvyšování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře. Biomasu je možno získávat záměrně jako výsledek určité výrobní činnosti nebo se jedná o zpracování odpadů, a to ze zemědělské, lesní a potravinářské výroby apod.

### **2.2. Rozdělení biomasy**

Biomasu lze rozdělit podle různých hledisek. Nejčastější je dělení na tzv. suchou (např. dřevo, lesní odpad) a mokrou (např. tekuté i pevné exkrementy hospodářských zvířat promísené s vodou, zbytky krmiv) biomasu.

Dle vyhlášky č. 482/2005 Sb. se biomasa zjednodušeně rozděluje do tří základních skupin:

- a) Zemědělská biomasa (fytomasa pěstovaná na zemědělské půdě)
  - cíleně pěstovaná biomasa
  - biomasa obilovin, olejnin a přadných rostlin
  - trvalé travní porosty
  - rychlerostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě
  - rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny
- b) Lesní biomasa (dendromasa)
  - palivové dřevo
  - zbytky z hospodaření v lesích
- c) Zbytková biomasa (vedlejší produkty zemědělského a zpracovatelského průmyslu)
  - vedlejší produkty a zbytky z papírenského průmyslu
  - vedlejší produkty a zbytky z potravinářského průmyslu
  - vedlejší produkty a zbytky z průmyslu na zpracování dřeva
  - vedlejší produkty a zbytky z živočišného průmyslu
  - vedlejší produkty a zbytky z ostatního průmyslu
  - biologicky rozložitelný odpad
  - lihovarnické výpalky

## 2.3. Potenciál biomasy v ČR

Z dlouhodobého hlediska je biomasa pro Českou republiku nejperspektivnější z obnovitelných zdrojů pro výrobu tepla a elektřiny. Dosud zůstává velké množství biomasy nevyužito a to zejména zbytkové produkty ze zemědělského průmyslu jako je sláma, odpad z lesního hospodářství apod. Celková výměra zemědělské půdy v ČR k 31. 12. 2008 činila 4 244 081 ha a z tohoto množství je asi 484 tis. ha půdy, kterou lze v budoucnu využít pro intenzivní zemědělskou výrobu s produkcí cíleně pěstované biomasy [4]. Pro naplnění cíle roku 2010 by stačilo využít asi polovinu této výměry. K jakým účelům je půda využívána ukazuje tab. 2.1.

Struktura zemědělské plochy	tis. ha	%
Výměra zemědělské půdy	4 244	100
Převod do jiných kategorií	80	2
Výměra marginálních oblastí	980	23
Půda s produkcí potravin pro spotřebu v ČR	2 700	63
Nadbytečná zemědělská půda	484	12

**Tab. 2.1** Předpokládaná struktura zemědělské plochy [5]

Potenciál v energeticky využitelné biomase v ČR je přibližně 280 PJ ročně. Představuje tak více než 80 % v současnosti dostupného potenciálu všech obnovitelných zdrojů energií. V horizontu 30 let lze využít až 1,5 mil. ha, tj. asi 35 % výměry zemědělské půdy v ČR [6],[7].

## 2.4. Biomasaová politika ČR

V letošním roce schválila vláda Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009 – 2011, jehož hlavní náplní je snaha o dosažení maximálního energetického efektu při využívání biomasy při optimálních nákladech vzniklých získáváním této energie. Cílem je dosáhnout 8 % podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na tuzemské celkové hrubé spotřebě v roce 2010, nastartovat investice do ekologického způsobu získávání energie, podporovat rozvoj venkova, který je důležitý dodavatel energie z biomasy a tím zvyšovat i nabídku pracovních míst. Snažit se o získání udržitelného rozvoje s prosazováním hlediska životního prostředí, přispět k rovnoměrnému rozvoji dostupných technologií zpracovávajících biomasu, zvýšit nabídku biomasy na domácím trhu a zajistit konkurenceschopnost v oblasti tržní ceny elektřiny. Vydáním dokumentu také plní Česká republika závazky vůči Evropské unii [8].

Státní energetická koncepce (SEK) je dokument stanovující cíle státu v oblasti energetického hospodářství do roku 2030. K hlavním prioritám SEK, které mají být v průběhu koncepce dosaženy a dodrženy, patří nezávislost, bezpečnost a udržitelný rozvoj. Má za cíl zajistit maximální energetickou efektivnost, vhodný poměr spotřeby prvotních energetických zdrojů při dodržování šetrnosti vůči životnímu prostředí. Dokončit transformaci a liberalizaci energetického hospodářství, čímž je rozuměna minimalizace cenové hladiny všech druhů energie a optimalizace zálohování zdrojů tepla a jiné energie. Státní energetická koncepce se nachází pod hlavičkou Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky, které nejméně jedenkrát za 2 roky SEK vyhodnocuje a o výsledcích informuje vládu. V případě potřeby i zpracovává návrhy na změnu státní energetické koncepce, které předkládá vládě ke schválení. Podrobné informace k SEK lze získat na stránkách MPO [9].

## 2.5. Dotační politika ČR

Rok 2009 lze označit za rok, ve kterém se stát konečně rozhodl řešit otázku dotací týkajících se obnovitelných zdrojů energie.

Státní fond životního prostředí (SFŽP) poskytuje pro rok 2009 dotace pro fyzické osoby. Jsou vyhlášeny dva specializované programy 1.A a 4.A, které konkrétně zahrnují:

- 1.A.a Kotle na biomasu
- 1.A.b Solární systémy na celoroční ohřev teplé vody
- 1.A.c Solární systémy na přitápění a na celoroční ohřev teplé vody
- 4.A Tepelná čerpadla

I přes tuto snahu má ale zmiňovaná dotace dosti zásadní nedostatky. Dotace se nevztahují na veřejný sektor, ale pouze na fyzické osoby. Dotace nelze poskytnout pro objekty, které je možno připojit na rozvod zemního plynu nebo centrální zásobárnu tepla, plus další negativa. Z toho lze usoudit, že v mnoha případech není možné dotace získat vůbec.

Roční finanční limity dotací zobrazuje tabulka 2.2.

Kotle na biomasu	50 % z uznatelných nákladů	max. 55 000 Kč
Solární systémy na celoroční ohřev teplé vody	50 % z uznatelných nákladů	max. 55 000 Kč
Solární systémy na přitápění a na celoroční ohřev teplé vody	50 % z uznatelných nákladů	max. 65 000 Kč
Tepelná čerpadla – vzduch/voda	30 % z uznatelných nákladů	max. 55 000 Kč
Tepelná čerpadla – země(voda)/voda	30 % z uznatelných nákladů	max. 75 000 Kč

**Tab. 2.2** Maximální limit dotace [10]

Program EKO-ENERGIE realizuje Prioritní osu 3 „Efektivní energie“ Operačního programu Podnikání a inovace 2007 – 2013. Program si klade za cíl vydáváním dotací stimulovat aktivitu podnikatelů, zejména malých a středních, v oblasti snižování energetické náročnosti budov, spotřeby primárních energetických zdrojů a vyššího využití obnovitelných a druhotných zdrojů a jejich udržitelný růst.

Podpora je vydávána na projekty, které si kladou tyto cíle:

- snížit energetickou náročnost na jednotku produkce, ale přitom zachovat dlouhodobou stabilitu a dostupnost energie pro podnikatelskou sféru,
- omezit energetickou závislost ČR na zahraničním dovozu,
- snížit spotřebu fosilních zdrojů,
- zvýšit využití OZE,

- využít významný potenciál energetických úspor a využití OZE rovněž ve velkých podnicích,
- využít dostupný potenciál druhotných zdrojů energie.

Podpora je poskytována formou dotace nebo podřízeným úvěrem s finančním příspěvkem [11].

Operační program Životní prostředí patří mezi další opatření, které se z části věnuje rozvoji OZE. Podpora se nachází v prioritní ose 3 – Udržitelné využívání zdrojů energie. Oblast podpory 3.1 – Výstavba nových zařízení a rekonstrukce stávajících zařízení s cílem zvýšení využívání obnovitelných zdrojů energie pro výrobu tepla, elektřiny a kombinované výroby tepla a elektřiny. Pro tuto oblast je vyčleněno téměř 363 mil. eur. Tato částka představuje 54 % prostředků určených pro prioritní osu 3 [12].

Dotační program na zateplování a ekologické vytápění domů – Zelená úsporám. Program je členěn do tří kategorií. Třetí kategorie C se zaměřuje na oblast podpory OZE. Dílčí podoblasti kategorie C - Využití OZE pro vytápění a přípravu teplé vody:

- C.1 Výměna zdrojů na tuhá a kapalná fosilní paliva nebo elektrického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla
- C.2 Instalace nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb
- C.3 Instalace solárně-termických kolektorů

S další podporou využití OZE se lze setkat v Programu na podporu rozvoje venkova. Naplnění závazků ČR v oblasti využití rozvoje OZE je obsaženo v ose III Programu rozvoje venkova České republiky na období 2007 – 2013, kde je i uvedena forma a výše podpory.

## 2.6. Charakteristické vlastnosti biomasy

Pojem biomasa pokrývá širokou oblast paliv použitelných pro energetické využití. Vlastnosti jednotlivých druhů biomasy jsou obvykle velmi různorodé. Z tohoto důvodu se na kvalitu biopaliv pohlíží jak z hlediska fyzikálního a chemického, tak i biologického. Nejdůležitějším a nejpodstatnějším parametrům, podle kterých lze posoudit vhodnost biomasy pro určitý druh zpracování, se věnují následující podkapitoly.

### 2.6.1 Vlhkost

Vlhkost, nebo-li obsah vody v biomase, kterou hodláme spalovat, je základním parametrem, podle kterého se řídíme při výběru spalovacího zdroje, protože právě vlhkost je významnou veličinou určující kvalitu spalovacího procesu. Snahou je získat palivo s co nejnižším obsahem vody. Vlhkost závisí především na tom, z jakých zdrojů biomasy získáváme. Palivo z dřevozpracujícího průmyslu se obvykle vyznačuje vyšší vlhkostí než palivo vzniklé zemědělskou činností. V praxi se lze setkat s dvěma druhy vyjádření obsahu vody v dřevní hmotě. V energetice je vlhkost  $W$  [%] vyjádřena vztahem

$$W = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \cdot 100, \quad (1)$$

kde

$H_1$  hmotnost vzorku surové dřevní hmoty (kg),

$H_2$  hmotnost vzorku po vysušení (kg).

V dřevozpracujícím průmyslu se obsah vody  $W_d$  [%] v dřevní hmotě určuje podle vztahu

$$W_d = \frac{H_1 - H_2}{H_2} \cdot 100. \quad (2)$$

Vlhkost paliv se pohybuje v širokém rozmezí, a to  $W = 7$  až  $60$  %. Vysoká vlhkost negativně ovlivňuje průběh spalování. Snižuje se účinnost kotle a může se zkracovat i jeho životnost. Vlhkost lze ovlivnit zejména vhodným skladováním, případně sušením [5].

## 2.6.2 Výhřevnost

Výhřevnost je definována jako teplo, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Voda vzniklá spalováním zůstává v plynném stavu. To znamená, že v hodnotě výhřevnosti není zahrnuto měrné skupenské teplo páry obsažené ve spalínách. Výhřevnost je velmi ovlivněna obsahem vody v palivu, a to nejen zmenšením obsahu sušiny, ale i spotřebou energie na odpaření. Výhřevnost stejného druhu biomasy může být právě vlivem rozdílného obsahu vody odlišná. U všech druhů dřevin, bez ohledu na jejich tvrdost je výhřevnost téměř stejná. Ostatní druhy biomasy se od dřevin v těchto hodnotách liší. Tabulka 2.3 názorně ukazuje, jak vlhkost ovlivňuje výslednou výhřevnost paliva.

Druh paliva	Obsah vody	Výhřevnost
	[%]	[MJ/kg]
Dřevo obecně	20	14,23
Listnaté dřevo	15	14,605
	50	7,585
Jehličnaté dřevo	15	15,584
	50	8,161
Polena (měkké dřevo)	0	18,56
	10	16,4
	20	14,28
	30	12,18
	40	10,1
	50	8,1
Dřevní štěpka	10	16,4
	20	14,28
	30	12,18
	40	10,1
Smrková kůra	15	15,47
	50	8,4
Sláma obilovin	10	15,49
Sláma kukuřice	10	14,4
Lněné stonky	10	16,9
Sláma řepky	10	16

**Tab. 2.3** Výhřevnosti jednotlivých paliv s různým obsahem vody [13]

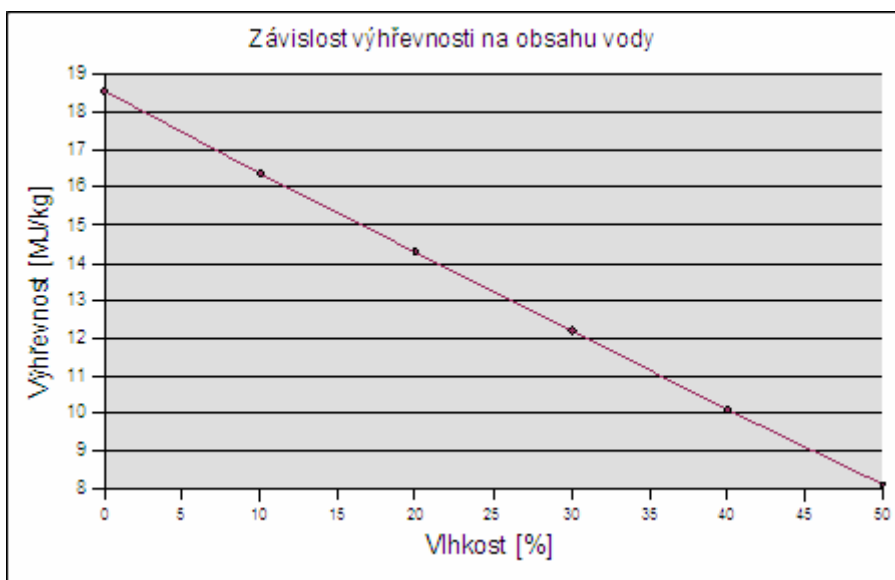
Pro porovnání je uvedena tabulka 2.4 s výhřevnostmi ostatních používaných paliv.

Druh paliva	Výhřevnost	
	[MJ/kg]	[MJ/m <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>
Koks	275	
Černé uhlí	25,1	
Hnědé uhlí	15,1	
Těžký topný olej	40,3	
Lehký topný olej	41,45	
Zemní plyn		34,05
Propan	43,5	
Butan	50	

Odkazy :

1) 1 m<sup>3</sup> skutečné dřevní hmoty („bez dř“, tzv. plnometr

**Tab. 2.4** Výhřevnost ostatních paliv [13]



**Obr. 2.1** Závislost výhřevnosti na obsahu vody ve dřevě [14]

### 2.6.3 Chemické složení hořlaviny

Spalování biomasy se vyznačuje oproti jiným palivům tzv. hořením dlouhým plamenem. Je to z toho důvodu, že biopaliva obsahují velký podíl plynných látek uvolňovaných pyrolýzou nehořících na roštu, ale v prostorách nad roštem. Tyto hořlaviny obvykle dohořívají ve speciální dohořívací komoře, kam se přivádí přehřátý sekundární vzduch. Z těchto důvodů se biomasa spaluje ve speciálních topeništích. V klasických zdrojích je technicky možné spalovat biomasu také, ale účinnost spalování je velmi nízká a zároveň při tomto spalování vznikají vysoké emise.

Velkou výhodou biomasy je, že neobsahuje síru, a tak během spalování nedochází ke vzniku škodlivých sloučenin s jejím obsahem. Další výhodou absence síry je nižší teplota spalin odcházejících do komína. V současné době je hodně diskutován obsah chloru



v biomase rostlinného původu, který by mohl způsobovat poškození vnitřních částí kotle. Nejpodstatnější chemické prvky přítomné v hořlavině ukazuje tabulka 2.5.

Složka [%]	Dřevo			Kůra	Hnědé uhlí
	Jehličnaté	Listnaté	smíšené		
C	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
H <sub>2</sub>	6,2	6,15	6,2	6,1	5,5
O <sub>2</sub>	422	43,25	42,7	42,2	23,0
S	-	-	-	-	1,0
N <sub>2</sub>	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
Popeloviny	1,0	1,0	1,0	2,3	25

**Tab. 2.5** Chemické složení hořlaviny [5]

#### 2.6.4 Teplota tavení popele

Velmi důležitým parametrem paliva je obsah popele, respektive jeho teplota tavení. Je-li teplota tavení popele nižší než teplota plamene při hoření, pak dochází k zalepování roštu ohniště. Tento nežádoucí jev způsobuje značné problémy při samotném spalování. Zalepením pohyblivých roštů, popřípadě šamotové vyzdívky, se velmi razantním způsobem snižuje funkčnost kotle. Palivo dokonale neprohoří, čímž se nejen snižuje účinnost kotle, ale roste i obsah škodlivých látek v odcházejících spalínách. Nánosy popelovin na stěnách topeniště difundují do vyzdívky, která se následně po tenkých vrstvách odlupuje. Proto se tomuto problému musí předcházet takovým způsobem, že teplota na roštu by měla být nižší, než je teplota tavení spalované biomasy. Snižování teploty, například zvýšením činitele přebytku spalovacího vzduchu, má také určité nedostatky, a to hlavně zvětšení objemu odcházejících spalín do komína a s tím zvyšující se komínová ztráta kotle. Proto je vhodnější v takových případech zplyňování dřevní hmoty a spalování dřevního plynu. Jak uvádí literatura [15], lze při spalování stébelnin do jisté míry zabránit spékání popele na roštu jejich peletkováním.

Teploty tavení různých druhů biomasy se liší. Teplota tavení stébelnin se pohybuje v rozmezí teplot 925 °C až 1 025 °C, u dřeva pak v intervalu 1 400 °C až 1 500 °C v závislosti na druhu [15]. Při spalování rostlinných druhů biomasy (stébelnin), kde je produktem pro spalování především sláma, je teplota tavení nižší, a proto může docházet k zalepování topeniště i při nižších teplotách hoření než u spalování dřevěných paliv. Z toho lze usuzovat, že by bylo neefektivní používat jeden typ kotle pro spalování více druhů biomasy.

### 2.7. Ceny biomasových paliv

Ceny biomasových paliv se mohou značně lokálně lišit, jelikož se trh s biomasou v ČR teprve vyvíjí. Při pohledu na spalování biomasy z ekonomického hlediska je jasné, že provoz kotlů je smysluplný jen v místech, kde může být zajištěn dostatečný přísun paliva na co nejmenší dopravní vzdálenosti. To jsou především oblasti s výskytem dřevozpracujícího průmyslu nebo oblasti vhodné pro pěstování energetické biomasy. V současné době se do popředí dostává pěstování tzv. rychlerostoucích dřevin. Jsou zakládány pokusné plantáže, které mají za cíl optimalizovat technologický postup pěstování jednotlivých druhů rychlerostoucích dřevin. Na pěstování určitých druhů těchto dřevin jsou od státu poskytovány i dotace. Cílem dotací je rozšířit použití biomasy za účelem spalování a rozšiřovat tak využití OZE při výrobě energie a zároveň také plnit závazky vůči EU.

Protože jsou ceny biomasových paliv pro každý region velmi různé, je následující srovnání výkupních cen spíše orientační. Cena biomasy se také odvíjí od obsahu vody a výhřevnosti daného typu paliva. Hodnoty v tabulce 2.6 byly získány v roce 2005.

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]	Vlhkost [%]	Cena [Kč/tunu]	Cena [Kč/GJ]
Brikety	17,5 – 21	6	2 960 – 4 600	136 - 255
Peletky	17,5 – 19	6	3 010 – 4 400	167 – 244
Odpadové dřevo	7,5 – 9,5	min. 50	200 - 430	25 – 54
Dřevní štěrka	8 – 13,5	30 – 50	695 – 2 200	76 -176
Palivové dřevo	12 – 14,5	do 30	890 – 1 430	68 -179
Piliny mokré	5,5 – 6,5	min. 40	80 – 280	14 – 47
Piliny suché	16 – 19	max. 10	1 200 – 1 400	50 – 90
Sláma a seno	12,5 - 16	10 – 20	830 – 1 700	64 – 130
Energetický šťovík	12	10 – 20	830 – 1 550	69 – 130

**Tab. 2.6** Ceny jednotlivých druhů paliv v závislosti na obsahu vody a výhřevnosti [16]

### 3. SPALOVÁNÍ BIOMASY A VYUŽITÍ UVOLNĚNÉ ENERGIE

Spalování biomasy je proces termochemické přeměny energie na výslednou energii tepelnou, nebo-li chemický pochod, při kterém se slučují prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem. Spalovací reakce, při kterých dojde ke slučování hořlavých prvků s kyslíkem, se nazývají exotermické. Do spalovací komory se vhání vzduch, který obsahuje mimo kyslíku také dusík. Dusík se reakcí neúčastní, ale přechází do kouřových plynů, kde se slučuje s kyslíkem a vytváří tak škodlivé složky NO a NO<sub>x</sub>. Kouřové plyny jsou tedy směsí vzdušného dusíku a produktů spalování hořlaviny.

Mezi děje probíhající při spalování se řadí spalování uhlíku na oxid uhličitý, spalování vodíku na vodní páru a obecně také spalování síry na oxid siřičitý. Při spalování je důležité určit správné množství přiváděného spalovacího vzduchu. Snahou je, aby se výsledné spalování co nejvíce blížilo spalování dokonalému. Dále se stanovuje množství kouřových plynů, které vzniknou spálením 1 kg paliva. Výpočet množství spalovaného vzduchu se určuje dvojím způsobem [5]:

- z chemického složení paliva
- z výhřevnosti spalovaného paliva

Cílem je získat co největší množství tepelné energie. Pro dosažení vysoké účinnosti musíme biomasu před spalováním nejprve upravit tak, abychom zužitkovali energii v ní obsaženou v co nejvyšší možné míře. Nejdůležitější částí je sušení. Odebíráním vody (sušením) z biomasy, roste její výhřevnost a tím i výsledný energetický zisk. Dalším důležitým faktorem je tvar a velikost biomasy. Správně upravená biomasa zlepšuje proces hoření a tím se zvyšuje množství vzniklého tepla. Nejčastěji se biomasa upravuje mechanickým způsobem.

Proces spalování biomasy je ovlivněn řadou faktorů [17]. Mezi nejdůležitější patří:

- zplyňování určitého podílu biomasy při teplotách vyšších než 200 °C, tj. biomasa má velký podíl tzv. prchavé hořlaviny, který může tvořit až 80 % hmotnosti sušiny paliva,
- tvorba dlouhého plamene, která zapříčiňuje obtíže při průniku potřebného kyslíku pro dokonalé spalování,
- poměrně dlouhá doba prohořívání spalitelných plynů (0,5 až několik vteřin), při které nesmí být plamen nikde ochlazován z důvodu tvorby sazí,
- vyšší spotřeba spalovacího vzduchu, než je teoretická potřeba,
- teploty měknutí, tečení a tavení dřevního popele a popele z biomasy (860 – 1100 °C),
- nízká hustota většiny paliv, především slámy, dřevní štěpky a pilin,
- obsah těžkých kovů v určitém podílu popílku, tzn. požadavek speciálních filtrů apod.,
- další méně významné faktory.

Tyto faktory se proto výrobci snaží řešit různým konstrukčním řešením kotlů.

### 3.1. Spoluspalování biomasy a fosilních paliv

Z důvodu rozšíření použití různých druhů paliv se přistoupilo na společné spalování směsných paliv. Emise vniklé spoluspalováním biomasy a fosilních paliv jsou menší než při samotném spalování uhlí apod. Spoluspalování se uskutečňuje dvěma způsoby. Lze přidávat fosilní paliva do kotle původně určeného pro spalování biomasy nebo naopak. Často jsou kotle pro kombinované spalování různě konstrukčně a technologicky upraveny. Důvody, kvůli kterým se začalo využívat spoluspalování biomasy a fosilních paliv, jsou následující:

- snaha o podporu obnovitelných zdrojů energie,
- změna obsahu škodlivin v palivu a produktech hoření (hlavně snížení obsahu síry),
- možnost provozovatele přejít na jiný druh paliva,
- jednotná úprava výhřevnosti paliva.

Výhodou spoluspalování je snížení výsledných emisí i pevných škodlivin, protože biomasa nemá téměř žádný obsah síry, má nízký obsah organického dusíku a popelovin. Ztráty vzniklé mechanickým nedopalem při spalování fosilních paliv, se při spoluspalování snižují z důvodu obsahu prchavé hořlaviny obsažené v biomase. Účinnost kotle se tímto zvyšuje [18].

Na množství zdrojů využívající směsné spalování má především vliv každoroční stanovení hodnot výkupních cen a zelených bonusů určených pro spalování (společné spalování) biomasy.

### 3.2. Emise ze spalování biomasy

Mezi základní látky vznikající při spalování biomasy, stejně jako při spalování jiných organických látek, se řadí především  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Proces hoření je doprovázen i vznikem dalších látek, které jsou škodlivé. Především se jedná o produkty vzniklé nedokonalým spalováním, mezi které patří oxid uhelnatý. V případě dostatečně velké teploty spalování a dostatečného množství spalovacího vzduchu je  $\text{CO}$  oxidován na  $\text{CO}_2$  a jeho emise jsou minimální. Dalšími látkami podílejícími se výrazněji na emisích jsou oxidy dusíku  $\text{NO}_x$ . Spalování biomasy s sebou přináší jednu velkou výhodu. Obsah síry v biomase je minimální, a proto emise  $\text{SO}_2$  nejsou téměř žádné. Tato vlastnost biomasových paliv je velmi důležitá, protože sloučeniny obsahující síru jsou velmi reaktivní a způsobují korozi [5].

Jak již bylo uvedeno v definici biomasy, je při spalování biomasy uvolněno do ovzduší takové množství  $\text{CO}_2$ , které je stejné jako množství oxidu uhličitého spotřebovaného fotosyntézou.

Emise uvolněné spalováním biomasy podléhají nařízení vlády č. 352/2002 Sb. ze dne 3. července 2002, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

### Spalovací zařízení spalující dřevo<sup>1)</sup> nebo biomasu

Jmenovitý tepelný výkon (MW)	Emisní limit v (mg/m <sup>3</sup> vztaženo na normální stavové podmínky a suchý plyn) pro					Referenční obsah kyslíku % O <sub>2</sub>
	Tuhé zneč. látky	Oxid siřičitý	Oxidy dusíku jako NO <sub>2</sub>	Oxid uhelnatý	Organické látky jako suma uhlíku	
0,2 nebo větší, ale jmen. tepelný příkon menší než 50 MW	250	2500	650	650	50 <sup>2)</sup>	11

Odkazy:

1) rovněž tak nekontaminovaný dřevní odpad, kůru a podobné rostlinné látky

2) emisní limit platí pro tepelný výkon nad 1 MW

**Tab. 3.1** Emisní limity znečišťujících látek u velkých a středních spalovacích zdrojů

### 3.3. Využití uvolněné energie

S energií uvolněnou během procesu spalování lze naložit několika způsoby. Podle druhu výstupního média rozdělujeme vytápění na:

#### a) Teplovodní

Teplovodní kotle jsou konstruovány na použití vody jako teplotnosného média. Energie obsažená ve spalinách je předávána ve výměníku vodě. Tento způsob vytápění je nejrozšířenější. Je využíván především pro vytápění domů či bytů.

#### b) Horkovodní

Teplotnosným médiem je opět voda, ale oproti teplovodním kotlům je ohřívána na vyšší teplotu přesahující 100 °C v závislosti na tlaku.

#### c) Výroba páry a elektrické energie

Kotle slouží k výrobě syté nebo přehřáté páry. Následně vzniklá pára slouží k pohonu turbíny, která přes generátor produkuje elektrickou energii.

#### d) Kogenerace

Kogenerace je společná výroba tepla a elektrické energie. Výroba elektrické energie probíhá ve speciální samostatné jednotce, kterou je možné napojit do systému kotle. Princip této kogenerační jednotky je založen na uzavřeném organickém Rankinově cyklu. Jako médium je zde použita organická látka, která se odpařuje při nízkých teplotách a tlacích. Současná výroba tepelné a elektrické energie je velmi výhodná a to z důvodů vyšší účinnosti kotle, kdy jsou ztráty oproti teplovodnímu vytápění podstatně menší. Vzniklá elektrická energie má univerzální použití s vyšší tržní hodnotou. Z těchto důvodů je snaha vyrábět teplo současně s produkcí elektrické energie. V České republice byl poprvé použit organický Rankinův cyklus třebíčskou firmou TTS eko.

### 3.4. Výkup elektrické energie

Výrobce elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie, tj. i z biomasy, si může zvolit mezi podporou výkupními cenami nebo zeleným bonusem. V případě podpory výroby elektřiny ve formě výkupních cen, má provozovatel distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy povinnost, vykoupit veškerou vyrobenou elektrickou energii od výrobce. Při volbě podpory zeleným bonusem si musí výrobce elektrické energie najít svého odběratele sám. Nikdo nemá povinnost od něj tuto energii vykupovat. Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny. Pokud si výrobce vyhledá odběratele, prodá vyrobenou elektrickou energii za běžnou tržní cenu, ale má právo inkasovat od provozovatele regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu zelené bonusu. Nevýhodou zelených bonusů je riziko, že výrobce elektrické energie nemá zaručen stálý odběr, tak jak je tomu u výkupních cen [19].

Výše výkupních cen a zelených bonusů jsou každoročně stanoveny Energetickým regulačním úřadem. Výše výkupních cen a zelených bonusů pro rok 2009 ukazuje tabulka 3.2.

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	4 490	2 950
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	3 460	1 920
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	2 570	1 030
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 před 1. lednem 2008	3 820	2 280
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 před 1. lednem 2008	3 130	1 590
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 před 1. lednem 2008	2 480	940
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S1 a fosilních paliv	-	1 350
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S2 a fosilních paliv	-	690
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S3 a fosilních paliv	-	40
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P1 a fosilních paliv	-	1 620
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P2 a fosilních paliv	-	960
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P3 a fosilních paliv	-	310

**Tab. 3.2** Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy [20]

## 4. ZAŘÍZENÍ NA SPALOVÁNÍ BIOMASY

V České republice převládá převážně použití malých spalovacích zdrojů. S nastolenou dotační politikou lze očekávat jejich další zvyšování. Nelze ale opomenout i kotle na spalování biomasy o středních jmenovitých výkonech. Právě budoucnost kotlů těchto výkonových relací je velice pozitivní. Jejich výkon dostačuje na to, aby množství vzniklé tepelné energie bylo schopno zásobovat například celou obec či menší město. Při potřebě zvýšení výkonu jsou již některé firmy schopny dodávat tyto kotle v tzv. kaskádovém provedení, kdy je propojeno více kotlů dohromady. Další zmiňovanou výhodou je menší produkce emisí v porovnání s ostatními stacionárními zdroji.

### 4.1. Rozdělení spalovacích zdrojů

Podle zákona č. 86/2002 Sb., § 4 se spalovací zdroje zařazují podle tepelného příkonu nebo výkonu do těchto kategorií:

- zvláště velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším bez přihlédnutí ke jmenovitému tepelnému výkonu,
- velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu vyšším než 5 MW do 50 MW,
- střední spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 0,2 MW do 5 MW včetně,
- malé spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu nižším než 0,2 MW.

### 4.2. Technologie spalování

Spalování může probíhat na klasickém roštu nebo na šikmém pohyblivém roštu. Právě druhá možnost má značné výhody a je velmi často používána. Palivo vstupující na šikmý suvný rošt je postupným vysouváním a zasouváním jednotlivých stupňů roštu přesypáváno níže do spalovací komory. Tímto způsobem se palivo převrací a částečně promíchává s již palivem spáleným. Tento způsob zajistí důkladné prohoření dodávaného paliva. Pro dokonalé prohoření je třeba dostatečný přísun kyslíku. Ten je vháněn ve formě vzduchu pod spalovací rošt. Tomuto vzduchu se říká primární. Jelikož biomasa obsahuje velké množství tzv. prchavé hořlaviny, probíhá prohoření této látky v dohořivací komoře, do které je vháněn předehřátý sekundární vzduch. Následně spaliny putují do tepelného výměníku, kde předají svou energii teplotněmu médiu. Než spaliny odejdou ven komínem, tak jsou ještě zbavovány ostatních škodlivých látek a pevných částic ve speciálních zařízeních (elektrostatické filtry, multicyklony apod.).

### 4.3. Uplatnění zařízení spalujících biomasu

Se zvyšováním cen za energii a s vyššími požadavky na ochranu ovzduší se i v České republice dostává stále více do popředí využívání obnovitelných zdrojů energie, mezi které se řadí i energie z biomasy. Na českém trhu se nachází nespočetné množství výrobců kotlů menších výkonů. V poslední době se ale zvyšuje použití především kotlů vyšších výkonů, které jsou již využívány jako zásobárny tepla pro velké objekty či obce i města. Tento vzestup právě koresponduje s vysokou cenou energií a ekologickými požadavky. Lze se setkat s mnoha projekty kotelen sloužících k dodávání tepla po celé obci, městu apod. Tímto se stává daný objekt energeticky nezávislý při současné nižší ceně energie. Jelikož je tento způsob výroby tepla zároveň i ekologický, existuje zde mnoho finančních podpor a dotací jak od státu, tak od EU. Z toho lze usuzovat o vzestupu technologií založených na spalování biomasy.

### 4.4. Provoz kotlů na biomasu

S výstavbou kotlů souvisejí také podmínky a povinnosti, které musí provozovatel spalovacího zařízení dodržovat. Pro velké a střední spalovací zdroje plynou z legislativy níže uvedené podmínky.

Podle zákona č. 86/2002 Sb. je provozovatel středního stacionárního zdroje povinen zpracovat z provozních údajů souhrnnou provozní evidenci pro všechny provozované stacionární zdroje. Tato evidence se vypracuje za jeden kalendářní rok a předává se příslušnému obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností do 15. února následujícího roku.

Dále provozovatelé zvláště velkých, velkých, středních a malých stacionárních zdrojů platí poplatky za znečišťování ovzduší. O výši poplatků rozhoduje krajský úřad, obecní úřad obce s rozšířenou působností nebo obecní úřad. Poplatky, jejichž výše nedosahuje 500 Kč, se nevyměří.

Dle nařízení vlády č. 352/2002 Sb. je provozovatel stacionárního zdroje povinen kontrolovat stanovené emisní limity.

Emisní limity u velkých a středních zdrojů se kontrolují pouze na základě jednorázového měření, pokud provozovatel nemá povinnost měřit průběžně. Pokud střední hodnota ze všech dílčích měření nepřekračuje emisní limity uvedené v tabulce 3.1 a současně zároveň každá hodnota zjištěné koncentrace jednotlivého měření znečišťující látky nepřekročí 120 % emisního limitu, tak se hodnoty těchto emisních limitů považují za splněné.

Hodnoty emisních limitů tuhých znečišťujících látek, oxidu siřičitého, oxidů dusíku u středních zdrojů o jmenovitém tepelném výkonu rovném nebo vyšším než 1 MW se zjišťují jednorázovým měřením jednou za 3 kalendářní roky. Měření nesmí být provedeno dříve, než po uplynutí 18 měsíců od data předchozího měření. Dále je povinnost provádět měření při každé změně paliva, trvalém zásahu do konstrukce nebo vybavení spalovacího zařízení nejpozději do 3 měsíců od vzniku uvedených změn.

U středních zdrojů o jmenovitém tepelném výkonu do 1 MW se provádí jedenkrát za 5 let jednorázové měření. Měření nesmí proběhnout dříve, než po uplynutí 30 měsíců od data předchozího měření. Dojde-li k změně paliva nebo k významnému a trvalému zásahu do konstrukce nebo vybavení zdroje, je povinen provozovatel kotle provést do 3 měsíců od provedení změny další měření.



## 4.5. Srovnání kotlů

V České republice i po celém světě se nachází mnoho firem zabývajících se výrobou kotlů zaměřených na spalování biomasy. Tato podkapitola je zaměřena na zmapování současné nabídky spalovacích zařízení na českém i zahraničním trhu. Srovnání bylo provedeno pro kotle v rozmezí výkonů 1 až 3 MW. To je pro kotle spadající do kategorie středně velkých spalovacích zdrojů.

### 4.5.1 Kotle české výroby

#### a) TTS eko

V současné době jsou ve výrobním programu firmy dva typy kotlů, které spadají do stanoveného rozsahu výkonů 1 až 3 MW.

Kotle **VESKO-B** jsou určeny pro vytopny centrálního zásobování teplem. Tyto kotle jsou vyráběny v rozmezí těchto parametrů:

Tepelný výkon  $1,0 \div 10$  MW

Pracovní tlak  $0,3 \div 0,6$  MPa

Pracovní teplota  $90 \div 110$  °C

#### *Popis kotle:*

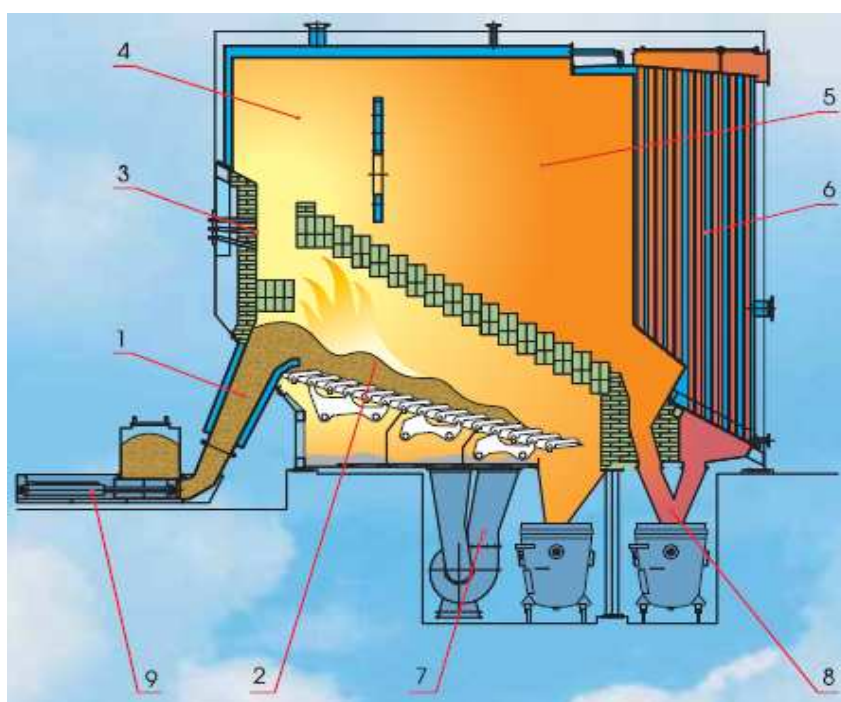
- samonosná svařovaná skříňová konstrukce,
- šikmý přesuvný rošt řízený hydraulickým mechanismem,
- tvar klenby vyvoluje protiproudé uspořádání spalín (nižší doba vysoušení paliva),
- svislý mezizásobník paliva,
- hydraulický zavážecí lis,
- doprava paliva na rošt skrze tunel vyhříváný topnou vodou (dochází k předsušení paliva před vstupem na samotný rošt),
- automatické řízení kotle od dopravy paliva až po samotné spalování.

#### *Možnosti paliva:*

Hlavní předností kotle je možnost spalovat více druhů biomasy a paliva s vyšší vlhkostí (až 60 %). Proto je tento kotel vhodné použít v oblastech dřevozpracujícího průmyslu, kde je dostatek dřevního odpadu, u kterého podmínky zpracování nedovolují dosáhnout vyšší vlhkosti. Výhodou je spalování dřevní hmoty různé granulometrie. Kotel je schopen spalovat např. 100 % piliny i 100 % nedrcenou kůru. Při spalování kusového dřeva je nutné přidávat ½ objemu sypkého paliva (piliny, hobliny).

### ***Další výhody kotle:***

- vhodný tvar roštu a keramické klenby umožňuje spalovat i velmi spékavý materiál,
- samočisticí schopnost kotle (vhodná konstrukce dohořivací komory a svislá orientace trubek výměníku zabraňuje usazování popílku),
- velká průchodnost kotle (minimální průřez 1 200 x 280 mm), schopnost přepravit i velké množství nespalitelných částí (kameny apod.),
- kontejnerizace roštového popele,
- proces spalování je řízen automaticky a optimalizován na základě údajů získávaných ze spalovacího prostoru (podtlaku, podle obsahu kyslíku ve spalínách).



**Obr. 4.1** Zjednodušené schéma kotle VESKO-B [21]

### **Legenda:**

- |                      |                      |                        |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| 1. Vstupní hubice    | 4. Vírová komora     | 7. Primární ventilátor |
| 2. Rošt              | 5. Dohořivací komora | 8. Výpad popele        |
| 3. Sekundární vzduch | 6. Trubkový výměník  | 9. Zavážecí lis        |

Pro dosažení požadované účinnosti je pro tento kotel vhodné palivo menších velikostí. Při spalování např. účelově pěstovaných plodin je důležité nejprve potencionální palivo mechanickým způsobem upravit na vyhovující velikost. Z toho plyne vyšší finanční náročnost. Proto jsou kotle VESKO-B vhodné pro použití v oblastech, kde je velký podíl dřevozpracujícího průmyslu s následným využitím vzniklého odpadu [21].

Kotle **VESKO-S** jsou určeny pro výtopny centrálního zásobování teplem a průmyslové podniky. Jsou vyráběny v rozmezí těchto parametrů:

Tepelný výkon  $2,0 \div 5$  MW

Pracovní přetlak  $0,3 \div 0,6$  MPa

Pracovní teplota  $90 \div 110$  °C

**Popis kotle:**

- samonosná svařovaná skříňová konstrukce,
- šikmý suvný rošt řízený hydraulickým mechanismem,
- dopravník přesouvá balíky slámy do stříhacího mechanismu, kde jsou balíky postaveny do svislé komory a pomocí nože jsou děleny na požadovaný rozměr,
- části balíku jsou pístem protlačovány chlazeným tunelem na rošt kotle,
- ochrana před zpětným hořením (při zpětném pohybu pístu je palivová cesta přehrazena vodou chlazeným hradítkem),
- konvenční a oddělený vodní výměník,
- spaliny odsávány spalínovým ventilátorem,
- automatické řízení kotle od dopravy paliva až po samotné spalování.

Kotel splňuje emisní limity, které jsou v souladu se zákonem o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb.

**Možnosti paliva:**

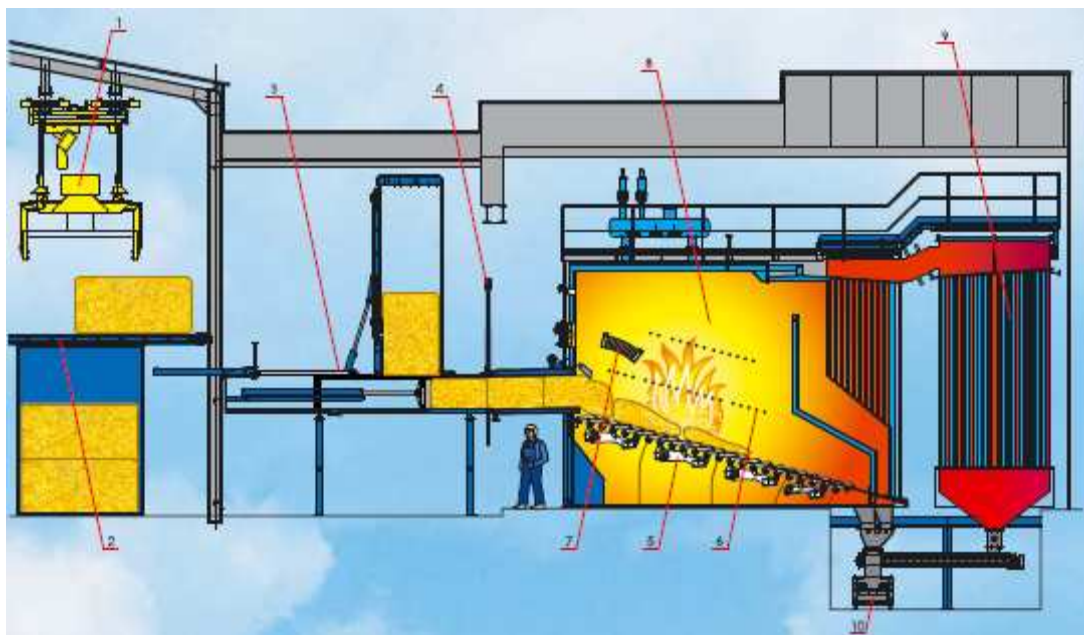
Tento kotel je určen výhradně pro spalování slámy ve formě hranatých balíků o rozměrech:

Šířka	Výška	Délka	Hmotnost
1,2 m	0,7 až 1,2 m	2,2 až 2,5 m	200 až 350 kg

**Tab. 4.1** Rozměry hranatých balíků slámy

Charakteristické vlastnosti paliva	Obilná sláma, řepková sláma, tritikálie, len (všeobecně)	Obilná sláma (záruční palivo pro dosažení požadovaného výkonu)
Max. vlhkost	17 %	15 %
Min. výhřevnost	13,9 MJ/kg	14,2 MJ/kg
Max. popelnatost	5,3 %	5,3 %

**Tab. 4.2** Požadované vlastnosti potencionálního paliva



**Obr. 4.2** Zjednodušené schéma kotle VESKO-S [22]

**Legenda:**

- |                         |                               |                      |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1. Zakladač paliva      | 5. Šikmý suvný rošt           | 8. Spalovací komora  |
| 2. Dopravník slámy      | 6. Přívod spalovacího vzduchu | 9. Oddělený výměník  |
| 3. Stříhací mechanismus | 7. Zapalovací klenba          | 10. Dopravník popele |
| 4. Branka               |                               |                      |

***Další výhody kotle:***

- použití jeřábového zakladače (plná automatizace při minimální manipulaci),
- dělení balíků stříhacím zařízením má minimální energetické náklady,
- žádná úprava balíků slámy před vstupem do kotle,
- kompletní chlazení spalovacích prostor teplotnosným médiem, stěny komory jsou využity jako teplený výměník,
- chlazení spalovací komory snižuje spékání popelovin,
- proces spalování je řízen automaticky a optimalizován na základě údajů získávaných ze spalovacího prostoru (podtlaku, podle obsahu kyslíku ve spalinách) [22].

## b) Verner

Firma Verner má na českém trhu velké zastoupení a její škála výrobků je opravdu široká. Pokrývá nejen kotle pro běžné použití v domácnostech (kotle malých výkonů), ale disponuje i nabídkou kotlů pro střední výkony a to kotli VERNER GOLEM 1800/2500.

Údaje o kotli	VERNER GOLEM 1800	VERNER GOLEM 2500
Celkový jmenovitý výkon	1 800 kW	2 500 kW
Účinnost	90 %	90 %

**Tab. 4.3** Nabídka kotlů středních výkonů



**Obr. 4.3** Kotel VERNER GOLEM

### **Popis kotle:**

- možnost použití více jednotek v kaskádě (do 10 000 kW)
- k ohřevu vody pro stávající vytápění, teplé užitkové vody (TUV) nebo k výrobě páry

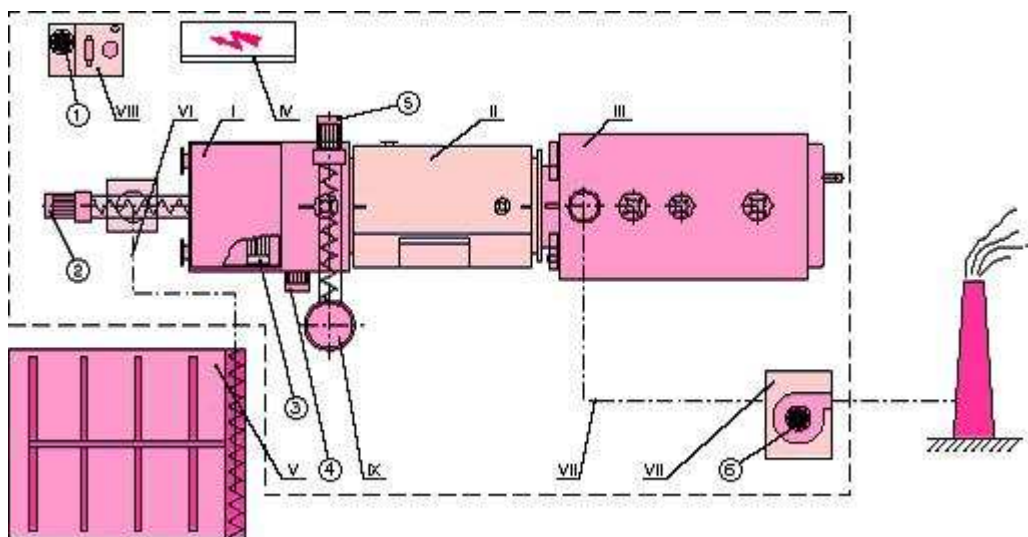
### **Možnosti paliva:**

Vlastnosti paliva	Dřevní hmota ve formě pilin	Dřevní štěpka, zelená lesní štěpka	Ostatní (seno, sláma)
Max. vlhkost	35 %	50 %	20 %
Max. rozměry	do 5 mm	30 x 30 x 60 mm	balíky

**Tab. 4.4** Druhy spalitelných paliv a jejich požadované vlastnosti

- použitím stabilizačního paliva se hodnoty vlhkostí navyšují o 10 %.
- spalování ostatních druhů biomasy (seno, sláma) je možné, ale až po případné konzultaci s výrobcem kotle.
- možnost spalování i spékavých materiálů (kůra, některé druhy slámy)

Veškeré jednotky kotleny jsou řízeny zcela automaticky průmyslovým počítačem, takže potřeba zásahu obsluhy je minimální [23].



**Obr. 4.4** Schéma kotleny VERNER GOLEM [23]

#### **Legenda:**

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| I. hořák                  | 1. pohon hydrogenerátoru                 |
| II. dohořivací komora     | 2. pohon příkladacího šneku              |
| III. výměník              | 3. pohon ventilátoru spalovacího vzduchu |
| IV. řídicí jednotka       | 4. pohon drtiče popela                   |
| V. zásobník paliva / silo | 5. pohon dopravníku popela               |
| VI. dopravní cesty        | 6. pohon spalínového dopravníku          |
| VII. kouřovody a filtrace |  |
| VIII. hydraulický agregát |  |
| IX. popelnice             |  |

Součástí kotleny VERNER GOLEM je:

- zásobník paliva (silo),
- dopravníky paliva (dopravník paliva do sila – s hydraulickým vyhrnováním, šnekový dopravník paliva do hořáku, dopravník popela),
- zabezpečení dopravních cest (vodní sprcha, turniket proti zpětnému prohoření paliva),
- hořák (posun paliva v hořáku podavačem),
- tepelný výměník,
- drtič popela,
- systém popelového hospodářství,
- multicyklónový odlučovač spalín,
- ventilátory.

### c) Step Trutnov

Nabídka kotlů středních výkonů zahrnuje jak kotel pro spalování dřevní štěpky tak i pro spalování balíků slámy. Kotle jsou vhodné pro vytápění větších objektů a jsou vyráběny v rozmezí výkonů 600 až 5000 kW.



*Obr. 4.5 Kotel Step Trutnov v provozu*

#### *Varianty kotle:*

- teplovodní
- horkovodní
- parní (bez/s přehřívákem páry)

#### *Popis kotle:*

- membránová spalovací komora
- přesuvný rošt
- vertikální výměník
- vyhrnovací šnek pro popeloviny
- výstupní otvor pro spaliny lze přizpůsobit dle projektu kotelny,
- konstrukce dopravníku a samotné cesty paliva je upravena podle toho zda je kotel určen pro spalování slámy či dřevní štěpky,
- pro konkrétní průřez balíků je nutné konstrukčně upravit vstupní otvor paliva případně i spalovací komoru,



- při změně druhu paliva nutnost seřízení spalování,
- automatické vynášení popele pomocí příčného šnekového dopravníku,
- kotel je řízen zcela automaticky.

#### **Palivo:**

##### *Sláma:*

Hranaté balíky slámy (sláma řepková, pšeničná, energetický šťovík Uteuša) o maximálním průřezu 1 250 x 1 200 mm a délce max. 2 400 mm, středně lisované.

Max. vlhkost:	20 %
Max. obsah nespalitelných látek:	0,4 %
Max. popelnatost:	6 %

Vlhkost balíků musí být homogenní.

##### *Dřevní biomasa:*

Palivem vhodným pro kotel konstrukčně upravený pro spalování dřevní biomasy se rozumí směs pilin, odřezků, kůry, dřevní štěpky, hoblin apod.

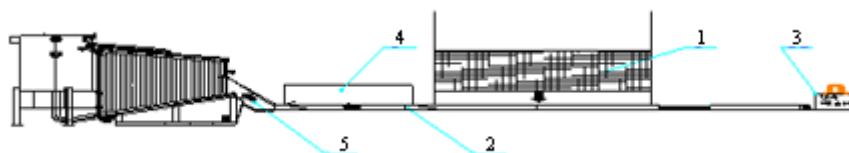
Min. výhřevnost:	10,1 MJ/kg
Max. vlhkost:	40 %
Max. obsah nespalitelných látek:	0,4 %
Max velikost:	Průměr 40 mm, délka 100 mm



**Obr. 4.6** Schéma dopravy paliva pro kotel upravený ke spalování štěpky [24]

#### **Legenda:**

1. Pásový dopravník
2. Přesuvný stůl
3. Vstupní hrdlo paliva s chlazeným uzávěrem



**Obr. 4.7** Schéma dopravy paliva pro kotel upravený ke spalování balíků slámy [25]

#### **Legenda:**

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Zásobní silo        | 4. Doplňovací meziprostor |
| 2. Hydraulický podavač | 5. Dopravní potrubí kotle |
| 3. Hydraulický agregát |                           |



#### d) Polycomp

KUD - kotle pro spalování dřevního odpadu. Dřevním odpadem se rozumí převážně spalování štěrky. Kotle jsou vyráběny v teplovodním, horkovodním a parním provedení.

Palivo je dopravováno na rošt šnekovým dopravníkem. Maximální rozměry paliva jsou 30 až 50 mm. Kotel je schopen spalovat palivo až do vlhkosti 60 %. Podle druhu zvolené konstrukce je spalovací komora integrována v prostoru kotle a nebo může být kotli předřazená [26].

##### Technické parametry:

Typ kotle	Teplovodní kotle KUD – T	Středotlaké horkovodní kotle KUD – H	Středotlaké parní kotle KUD
Tepelný výkon	1 – 5 MW	1 – 5 MW	1 – 5 MW
Konstrukční tlak	0,6 (0,9; 1,4) MPa	0,6 (0,9; 1,4; 2,0) MPa	0,6 (0,9; 1,4; 2,0) MPa
Účinnost kotle při jmenovitém výkonu	80 – 86 %	80 – 86 %	80 – 86 %
Regulační rozsah kotle	50 – 100 %	50 – 100 %	50 – 100 %
Teplota vstupní vody min.	70 °C	70 °C	-
Teplota výstupní vody max. pro tlak 1,3 MPa	110 °C	180 °C	-
Teplota napájecí vody min.	-	-	105 °C
Teplota přehřáté páry	-	-	220 – 350 °C

**Tab. 4.5** Technické parametry jednotlivých typů kotlů [26]

##### Přídavná zařízení:

- dopravní a dávkovací zařízení
- zařízení pro kogenerační výrobu elektrické energie
- homogenizátory, drtiče paliva (jejich propojení se spalovacím zařízením)
- ohřívač vody pro horkovodní a parní kotle
- přehřívák páry
- kompletní dodávka kotelny na klíč anebo dodávka jednotlivých komponent
- akumulátory tepla
- zařízení pro kontrolu provozu parních a horkovodních kotlů

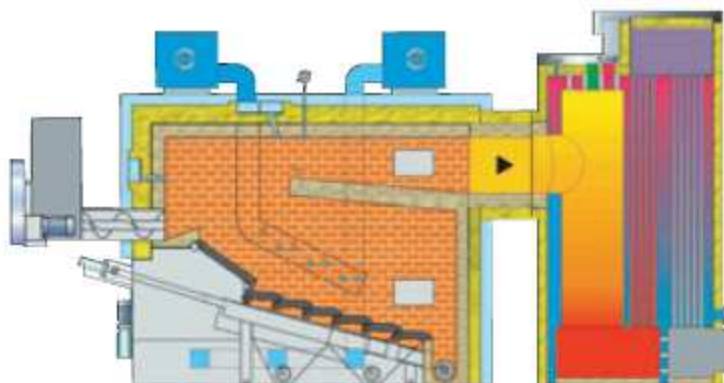
## 4.5.2 Kotle zahraniční výroby

### a) Herz

Kotle na spalování biomasy jsou dodávány v rozmezí výkonů 500 kW až 20 MW. Široký rozsah provozních tlaků od 0,5 do 28 bar. Kompletní automatické spalování a kontrola při provozu. Kotle spalují širokou škálu paliv (dřevěná štěpka, směs slámy se štěpkou, dřevní odpad...). Samotné spalování se uskutečňuje na šikmém roštu. Ke kotli si lze zvolit dle přání zákazníka horizontální nebo svislý výměník. Přívod spalovacího vzduchu je regulován. Doprava paliva a vynášení popela je řízeno zcela automaticky. Přívodová cesta paliva je chráněna proti zpětnému prohořívání. Systém kotle dále obsahuje účinné filtrační a odlučovací zařízení, díky kterým jsou splněny předepsané emisní limity.

Provedení:

- teplovodní
- horkovodní
- parní



**Obr. 4.8** Schéma kotle HERZ KIV – Modul BHH [27]

## b) Justsen

Dánská firma Justsen dodává na trh teplovodní kotel o tepelném výkonu 2 MW.



*Obr. 4.9* Model teplovodního kotle Justsen [28]

### Popis kotle:

Kotel je celosvařovaná konstrukce. Palivo je skladováno v podzemní silu, odkud se biomasa hydraulickým vyhrnovačem dodává na šnekový dopravník. Ten palivo dopravuje až na rošt kotle. Kotel je vybaven šikmým pohyblivým roštem, chlazeným vodou, která zajistí udržování konstantní teploty na roštu. Kotel je schopen pracovat i při nižším zatížení, aniž by při něm docházelo ke kondenzaci spalin. Nízká teplota spalin v celém provozním rozsahu s nízkým přebytkem vzduchu zajišťuje velmi vysokou tepelnou účinnost. Všechny parametry jsou automaticky nastaveny kontrolním systémem SCADA podle aktuálního zatížení kotle [28].

Max. topný výkon:	2 MW
Pracovní tlak:	4 bar
Pracovní teplota:	120 °C
Tepelná účinnost:	89 %
Kalorická hodnota paliva:	2,6 kW/kg (vlhký dřevní odpad)
Spotřeba paliva při max. zatížení:	864 kg/h

*Tab. 4.6* Provozní parametry kotle Justsen [28]

### c) Uniconfort

Firma Uniconfort nabízí čtyři modelové řady kotlů. V České republice je distributorem těchto kotlů firma ECO – SERVIS, která dodává tyto jednotlivé typy kotlů na biomasu:

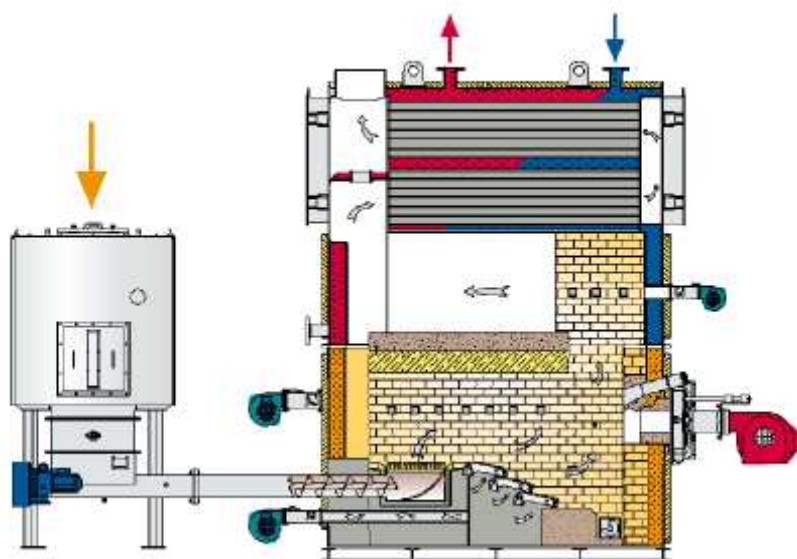
Kotle Uniconfort **BIOTEC** jsou navrženy pro spalování paliv s vysokou vlhkostí až do 80 % v porovnání se suchým základem (45 % na vlhkém základu). Vyráběny v rozmezí výkonů 348 až 5800 kW.

Každý model kotle lze kombinovat s určitým typem výměníku. Výrobce dodává tři druhy výměníků, které produkují:

- teplou vodu o teplotě 95 °C a tlaku 2 bar,
- přehřátou vodu o teplotě 110 °C a tlaku 2 bar,
- sytou páru o tlaku 0,7 bar.

Model BIOTEC-F:

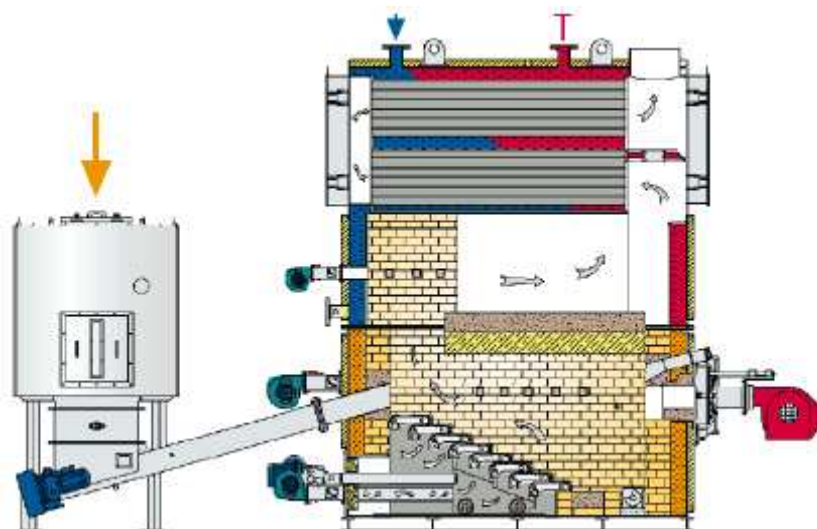
- spalování paliva s vlhkostí až 50 % v porovnání se suchým základem a velikostí do 3 cm,
- pevný rošt.



*Obr. 4.10* Kotel Uniconfort BIOTEC-F [29]

Model BIOTEC-G:

- spalování paliva s vlhkostí až 80 % v porovnání se suchým základem a velikostí do 3 cm,
- doprava paliva na rošt šnekovým dopravníkem,
- pohyblivý rošt.



**Obr. 4.11** Kotel Uniconfort BIOTEC-G [29]

Model BIOTEC-SP:

- spalování paliva s vlhkostí až 80 % v porovnání se suchým základem a velikostí až do 30 x 5 x 5 cm,
- tlačné dávkování paliva,
- pohyblivý rošt.

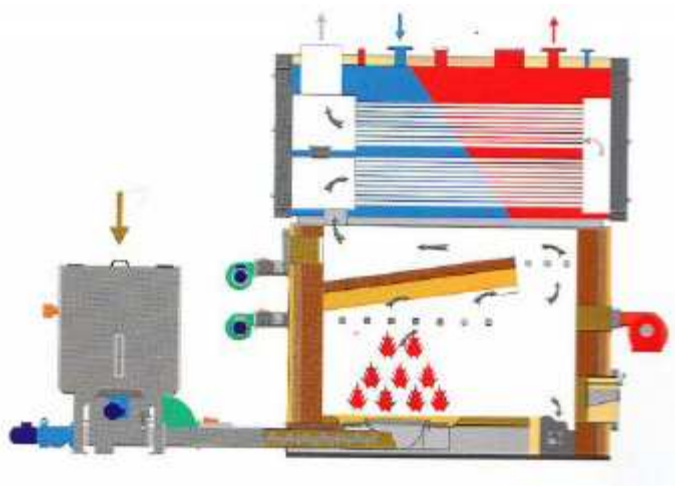
Kotle Uniconfort **GLOBAL** jsou využitelné pro spalování paliv s vysokou vlhkostí až do 120 % v porovnání se suchým základem (55 % na vlhkém základu). Vyráběny v rozmezí výkonů 348 až 5800 kW.

Pro každý model kotle je na výběr několik různých výměníků, díky kterým lze získat :

- teplou vodu o teplotě 95 °C a tlaku 2 bar,
- přehřátou vodu o teplotě 150 °C a tlaku 2 bar,
- sytou páru o tlaku 12 bar,
- termoolej o teplotě 300 °C.

Model GLOBAL-F:

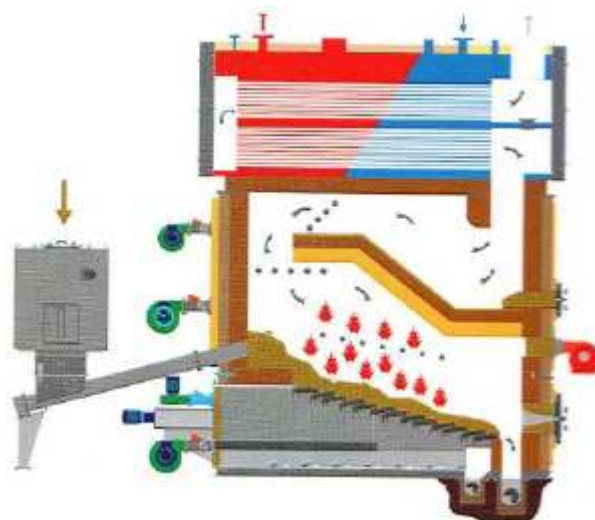
- spalování paliva s vlhkostí až 50 % v porovnání se suchým základem a velikostí do 3 cm,
- pevný rošt.



**Obr. 4.12** Kotel Uniconfort GLOBAL-F [30]

Model GLOBAL-G:

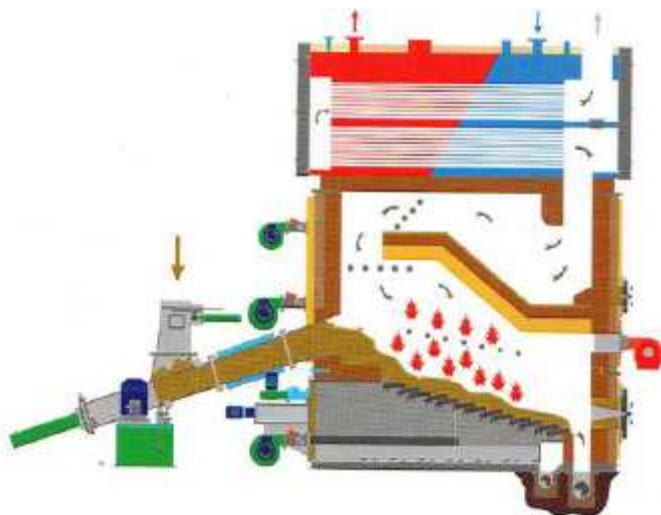
- spalování paliva s vlhkostí až 120 % v porovnání se suchým základem a velikostí do 3 cm,
- doprava paliva na rošt šnekovým dopravníkem,
- pohyblivý rošt.



**Obr. 4.13** Kotel Uniconfort GLOBAL-G [30]

Model GLOBAL -SP:

- spalování paliva s vlhkostí až 120 % v porovnání se suchým základem a velikostí až do 30 x 5 x 5 cm,
- tlačné dávkování paliva,
- pohyblivý rošt.



**Obr. 4.14** Kotel Uniconfort GLOBAL-SP [30]

Modely kotlů **DUAL** a **CMT F** jsou vyráběny v rozmezí výkonů 400 až 5800 kW. Samonosná konstrukce kotle obsahuje vodou chlazenou spalovací komoru o velkém objemu. Trubkový výměník tepla je zabudován ve vodorovné poloze. Kotel je osazen sběračem kouřových spalin, který je otevíratelný z důvodu kontroly usazených spalin a údržby.

Kotel je určen k ohřevu teplé vody (95 °C) spalováním kusů dřeva, štěpky, dřevěných pilin, briket. Tento typ kotle je vybaven přírubou pro uchycení hořáku, který umožňuje spalovat lehké topné oleje (LTO) nebo zemní plyn [31].

Dávkování paliva je řízeno automatickým systémem Fuocomatic, který se skládá ze:

- zásobníku paliva s vnitřním vybíracím zařízením,
- pravoúhlé převodovky s nastavitelnými otáčkami,
- šnekového dopravníku,
- primárního a sekundárního ventilátoru spalovacího vzduchu,
- protipožární ochrany (vodní sprcha).



**Obr. 4.15** Topeniště kotle Uniconfort DUAL [31]

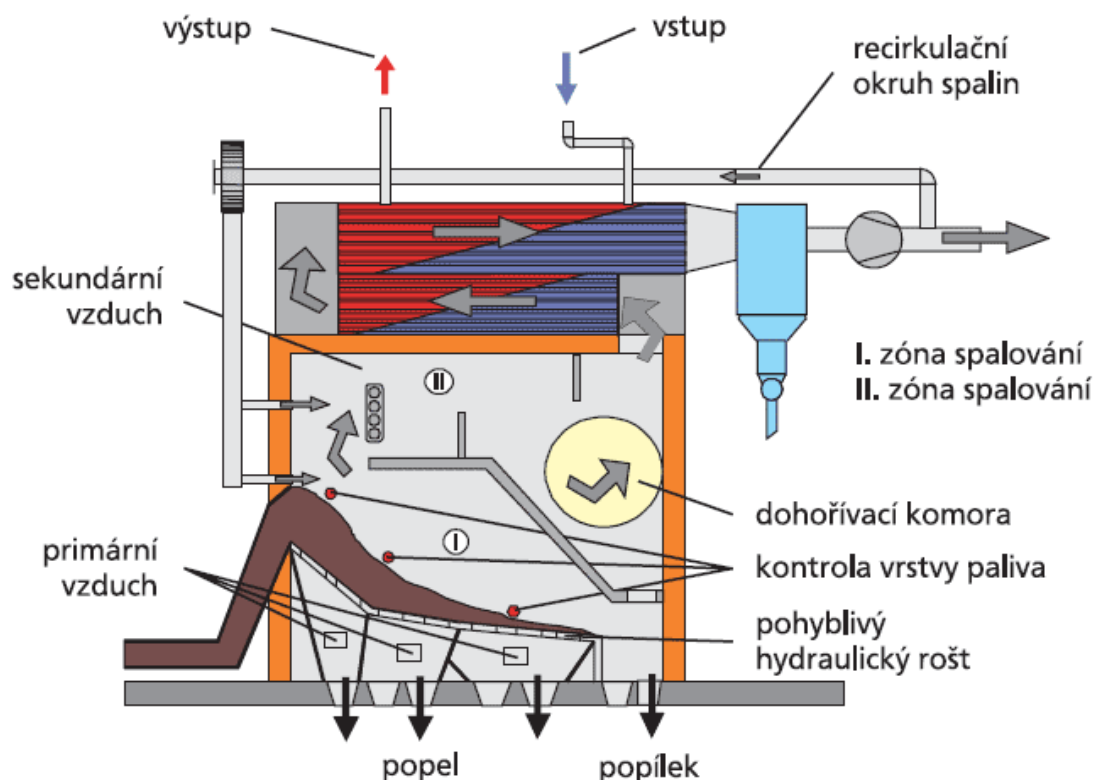


#### d) Kohlbach

Kotelní zařízení Kohlbach typ K8 disponuje schopností spalovat nejrůznější vlhká neupravená paliva. Kotle jsou vyráběny v rozsahu výkonů 500 kW až 10 MW.

Palivo je do kotle dopravováno hydraulickým podávacím zařízením. Tento systém je schopen pojmout kusy paliva až do délky 1 m a do průměru 10 cm, které rozdrtí hydraulický mechanismus na menší části. Ty už se snadno dostanou i do spalovací komory. Ta je vybavena šikmým pohyblivým roštem. Tato koncepce kotle nevyužívá pro dopravu paliva žádných šnekových ani pásových dopravníků, což velmi snižuje výskyt poruch vztahujících se k dopravní trase.

Lze spalovat i palivo obsahující nespalitelné příměsi (kamení, hlína, kovové předměty), aniž by došlo k omezení chodu kotle. Kotel je možné regulovat ve výkonovém rozmezí 30 až 100 % při dodržení všech emisních limitů [32].



Obr. 4.15 Schéma kotelního zařízení Kohlbach typ K8 [32]

#### 4.5.3 Výsledky srovnání kotlů

Uvedené informace byly především získány z oficiálních webových stránek výrobců nebo distributorů nabízejících jejich produkty v ČR. Mezi další zdroje patřily různé informační materiály a letáky získané od výrobce. Ne každý výrobce je schopen poskytnout kvalitní a mnohdy zásadní informace o svém výrobku. Z tohoto důvodu nejsou u některých kotlů uvedeny veškeré informace, které by bylo v tomto srovnání vhodné uvádět. Jedná se především o údaje týkající se výkonnosti kotle nebo údaje o zařízeních, jež jsou součástí dodávky celého kotle.



## 5. ZÁVĚR

Naše i světová energetika je převážně závislá na využívání fosilních paliv, jejichž zásoby se s postupujícím časem neustále snižují. Z tohoto důvodu se řada států a organizací, jako je Evropská unie, snaží závislost na těchto zdrojích omezovat. S ohledem k životnímu prostředí a ekologii se stále více začínají dostávat do popředí tzv. obnovitelné zdroje energie.

Česká republika se členstvím v EU zavazuje plnit mimo jiné i závazky týkající se zvýšení výroby energie právě z obnovitelných zdrojů. Možností, jak naplnit do roku 2010 požadavek 8 % podílu na výrobě elektrické energie z OZE, není mnoho. Právě v tomto okamžiku přichází řada na biomasu, jako na jeden z obnovitelných zdrojů energie, který má v našem státě oproti jiným zdrojům obrovský potenciál.

Biomasu lze zpracovat více způsoby, ale v našich podmínkách je kladen důraz především na spalování, z kterého plynou největší energetické zisky. Nejlepší zhodnocení energie obsažené v biopalivu poskytují kotle středních výkonů, které jsou v této práci porovnávány. Stále více firem se zabývá jejich výrobou a tyto druhy kotlů se stávají žádanějšími. Ze všech výkonových řad, právě zdroje středních výkonů produkují nejmenší objem znečišťujících látek, což je způsobeno zvláště dobrou regulovatelností procesu spalování. Použité technologie jsou na vysoké úrovni a dopady na životní prostředí minimální.

Systém zabývající se využíváním biomasy pro energetické účely je u nás teprve v začátcích a na jeho další rozvoj má vliv především schopnost vlády vytvořit pro tento způsob vhodné podmínky. Já osobně jsem i přes určité zlepšení dotační politiky a vydání různých opatření, vůči postupům vlády spíše skeptický. Zhodnotím-li statistiky týkající se výroby paliv z biomasy, je zarážející, že většina těchto produktů je prodávána do zahraničí. To lze odůvodnit jediné tím, že výkupní cena v ČR nepokryje náklady vzniklé při výrobě a zpracování. V tomto vidím jeden ze zásadních problémů, který brání rychlejšímu rozvoji OZE u nás. Proto je nutné určitým způsobem tuto oblast podporovat. Především si myslím, že se Česká republika měla na biomasu, jako na obnovitelný zdroj energie, zaměřit o mnoho let dříve a vytvořit si tak určité zázemí a energetickou samostatnost, tak jako v některých státech, kterými jsou například Finsko nebo Švédsko. I přes tyto mnohdy zásadní nedostatky věřím, že se vyvarujeme dalších chyb a v rozumné míře se využije potenciál obnovitelných zdrojů, který skýtá území České republiky.

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2007 (shrnutí)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2008. Vydáno: 14. 10. 2008 [cit. 2009-04-06]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/AIS/web-news.nsf/16dc9bc1c6335b55c1256e85003d97e4/14d66d099a80768cc12574e20044627d/\\$FILE/Zprava\\_2007\\_komplet.pdf](http://www.mzp.cz/AIS/web-news.nsf/16dc9bc1c6335b55c1256e85003d97e4/14d66d099a80768cc12574e20044627d/$FILE/Zprava_2007_komplet.pdf).
- [2] BUFKA, Aleš, DUŠEK, Luďek, ROSECKÝ, Daniel. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2007* [online]. Vydáno: 28. 8. 2008 [cit. 2009-04-06]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/35392/39800/468163/priloha001.pdf>.
- [3] *10n1-08, Statistická ročenka České republiky – 16. Průmysl a energetika / ČSÚ : 16-14. Výroba elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů* [online]. Vydáno: 3. 3. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/kapitola/10n1-08-2008-1600>.
- [4] *Statistická ročenka půdního fondu České republiky* [online]. Praha: Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2009. Vydáno: Březen 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z: <http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:10-ROCENKA>.
- [5] PASTOREK, Zdeněk, KÁRA, Jaroslav, JEVIČ, Petr. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. 1. vyd. Praha: FCC PUBLIC, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [6] *Zpráva Pačesovy komise z pohledu OZE (II)* [online]. 2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <http://vytapeni.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5181>.
- [7] *Nepotravinářské využití zemědělské půdy* [online]. [2007] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: [http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/biomasa\\_infolist.pdf](http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/biomasa_infolist.pdf).
- [8] *Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009 – 2011* [online]. [2009] [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: [http://www.mze.cz/attachments/AP\\_biomasa\\_09-01.pdf](http://www.mze.cz/attachments/AP_biomasa_09-01.pdf).
- [9] *Státní energetická koncepce ČR* [online]. 2006 [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <http://www.mpo.cz/dokument5903.html>.
- [10] KUČERA, Zdeněk, NOVÁK, Libor. *Dotace SFŽP pro fyzické osoby pro rok 2009. Alternativní energie*. 2009, č. 1, s. 4. ISSN 1212-1673.
- [11] *Program podpory EKO-ENERGIE* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2009. Vydáno: 20. 3. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.mpo.cz/dokument29993.html>.
- [12] *Operační program Životní prostředí - Prioritní osa 3* [online]. c2007 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.opzp.cz/sekce/369/prioritni-osa-3/>.

- [13] *Eko-bio-energo - výhřevnost různých druhů paliv* [online]. [2008] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://ekobioenergo.cz/eko-bio-zajimavosti-vyhrevnosti-paliv.html>>.
- [14] MURTINGER, Karel. Možnosti využití biomasy [online]. Vydáno: 2. 5. 2007 [cit. 2009-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [15] MOSKALÍK, Jiří, et al. *Tavení popele z biomasy* [online]. 2008 [cit. 2009-05-23], s. 1-6. Dostupný z WWW: <[http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa\\_ix/papers/13-Moskalik.pdf](http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_ix/papers/13-Moskalik.pdf)>.
- [16] ZÁMYSLICKÝ, Pavel. Ceny energetické biomasy v České republice. *Alternativní energie*. 2005, č. 5, s. 10-11.
- [17] HRDLIČKA, Jan, KOUTSKÝ, Bohumil, HRDLIČKA, František. *Problematika tvorby persistentních organických látek při spalování biomasy* [online]. Dostupné z: <<http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa/Hrdlicka.pdf>>.
- [18] ANDERT, David. *Společné spalování biomasy a uhlí* [online]. [2001] [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2001/andrpal.htm>>.
- [19] *Často kladené dotazy - Obnovitelné zdroje* [online]. c2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <[http://www.eru.cz/dias-read\\_article.php?articleId=683](http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683)>.
- [20] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2008* [online]. 2008 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <[http://www.eru.cz/user\\_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR\\_8-2008\\_OZE-KVET-DZ.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR_8-2008_OZE-KVET-DZ.pdf)>.
- [21] *Teplovodní kotle VESKO-B* [online]. c2009 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.tts.cz/eko/letaky/24.pdf>>.
- [22] *Teplovodní kotle VESKO-S* [online]. c2009 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.tts.cz/eko/letaky/23.pdf>>.
- [23] *PRŮMYSLOVÉ KOTLE NA SPALOVÁNÍ BIOMASY* [online]. c2009 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.kotle-verner.cz/vyrobky/kotelny-na-biomasu/golem-2500-horak--vymenik?usageId=1165>>.
- [24] *Kotle na spalování dřevní štěpky a zrna* [online]. c2007 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.steptrutnov.cz/vyrobn-program/kotle-na-biomasu/kotle-na-drevni-stepku-step-kb-600-5000-kW.html>>.
- [25] *Kotle na spalování balíků slámy* [online]. c2007 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.steptrutnov.cz/vyrobn-program/kotle-na-biomasu/kotle-na-spalovani-baliku-slamy-step-ks-600-5000-kW.html>>.
- [26] *Kotle pro spalování dřevního odpadu* [online]. c1998-2008 [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.polycomp.cz/page.php?lang=cz&f=1kud>>.

- [27] *Zásobovanie teplom* [online]. c2005 [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://www.herz-sk.sk/files/upload//ftp/prospekty/KIV\\_75dpi.pdf](http://www.herz-sk.sk/files/upload//ftp/prospekty/KIV_75dpi.pdf)>.
- [28] *Case: 2.0 MW hot water plant* [online]. [2009] [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.justsen.dk/00027/>>.
- [29] *Uniconfort BIOTEC* [online]. c2007 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.ecoservice.cz/pdf/uniconfort-kotel-na-biomasu-biotec.pdf>>.
- [30] *Uniconfort GLOBAL* [online]. c2007 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.ecoservice.cz/pdf/uniconfort-kotel-na-biomasu-global.pdf>>.
- [31] *Uniconfort DUAL - CMT/F* [online]. c2007 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.ecoservice.cz/pdf/uniconfort-kotle-na-biomasu-dual-cmtf.pdf>>.
- [32] *Kotle na biomasu KOHLBACH* [online]. c2004 [cit. 2009-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.schiestl.cz/content.php?pid=3>>.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
OZE	Obnovitelné zdroje energie
SEK	Státní energetická koncepce
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
SFŽP	Státní fond životního prostředí

Symbol	Význam	jednotka
H <sub>1</sub>	hmotnost vzorku surové dřevní hmoty	kg
H <sub>2</sub>	hmotnost vzorku po vysušení	kg
W	obsah vody v dřevní hmotě (energetická)	%
W <sub>d</sub>	obsah vody v dřevní hmotě (dřevařská)	%